

⑬ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 668 264

⑫ N° d'enregistrement national :

90 13150

⑬ Int Cl⁸ : G 01 N 27/74, 33/00//A 61 M 16/12

⑭

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 18.10.90.

⑯ Priorité :

⑰ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 24.04.92 Bulletin 92/17.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑳ Demandeur(s) : UNIVERSITE DE RENNES I — FR.

㉑ Inventeur(s) : Billon Michel, Martin Eric et Corazza
Michel.

㉒ Titulaire(s) :

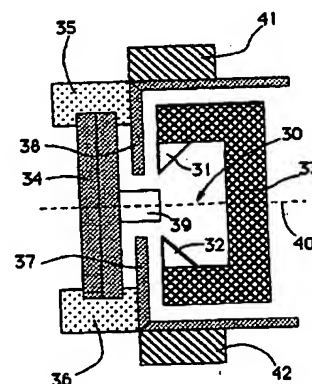
㉓ Mandataire : Vidon Patrice Cabinet Patrice Vidon.

㉔ Capteur de mesure de la concentration d'oxygène dans un gaz.

㉕ Le domaine de l'invention est celui des capteurs de
mesure de la concentration d'oxygène dans un gaz.

Plus précisément, la présente invention concerne un
transducteur de mesure de concentration d'oxygène exploitant les propriétés paramagnétiques de l'oxygène.

Selon l'invention, le capteur de concentration d'oxygène dans un gaz est du type exploitant les propriétés paramagnétiques de l'oxygène par mesure d'une pression provoquée par l'attraction d'oxygène dans un volume (30) de mesure soumis à un champ magnétique constant, le capteur comprenant un élément de mesure de pression (39) comportant une cellule piézoélectrique (34).



FR 2 668 264 - A1



Best Available Copy

Capteur de mesure de la concentration d'oxygène dans un gaz.

Le domaine de l'invention est celui des capteurs de mesure de la concentration d'oxygène dans un gaz.

5 Plus précisément, la présente invention concerne un transducteur de mesure de concentration d'oxygène exploitant les propriétés paramagnétiques de l'oxygène.

10 On réalise notamment des mesures de concentration d'oxygène dans des gaz dans les milieux hospitaliers pour le dosage et la régulation de mélanges anesthésiants, pour la respiration des nourrissons, ou dans l'industrie pour le contrôle de processus industriels.

Les capteurs de mesure de la teneur d'oxygène gazeux sont regroupés en deux grandes familles, selon que leur fonctionnement repose sur des principes physiques ou chimiques.

15 Dans la famille des capteurs de mesure physique de concentration d'oxygène dans un gaz, il existe de façon connue des capteurs faisant appel au paramagnétisme de l'oxygène.

20 L'oxygène est le plus magnétique de tous les gaz connus. Une bulle de savon emplie d'oxygène est attirée par un aimant, alors qu'emplie d'un gaz non magnétique comme l'azote, ou alors moins magnétique que l'oxygène, la bulle de savon est au contraire repoussée par l'oxygène du milieu qui l'entoure.

25 Les propriétés paramagnétiques de l'oxygène sont par exemple exploitées dans un capteur mis au point par la société KLOGOR (nom protégé) décrit dans une demande de brevet français non publiée. Cette demande concerne un dispositif de mesure physique de concentration d'oxygène dans un mélange gazeux. Le dispositif est composé d'un équipement mobile constitué d'une balancelle terminée par deux billes creuses remplies d'un gaz non paramagnétique, la balancelle étant montée libre en rotation entre deux pièces polaires en fer doux, formant l'entrefer d'un générateur de champ magnétique. Lorsque la zone de
30 tion en oxygène, on génère un champ d'induction entre les pièces polaires. Le caractère paramagnétique de l'oxygène produit une concentration des molécules

d'O₂ dans l'entrefer, en chassant les billes de l'équipage mobile. Plus précisément, la balancelle est entraînée en rotation sous l'effet du couple résultant de l'action de répulsion exercée sur les billes, provoquée par l'augmentation de la pression locale.

5 Dans ce capteur, la mesure est effectuée en utilisant le principe des galvanomètres à cadre mobile, c'est à dire en plaçant un miroir sur la tige de liaison de l'équipage mobile et en mesurant la déviation d'angle d'un faisceau incident dirigé sur le miroir.

10 Ce dispositif connu fonctionne de façon satisfaisante, mais pose néanmoins un certain nombre de problèmes fonctionnels:

- l'équipage mobile présente une certaine inertie, si bien qu'il est nécessaire d'attendre un certain temps avant d'obtenir une mesure de la concentration d'oxygène. Le fait de ne pas disposer rapidement d'une indication de cette concentration peut entraîner des conséquences graves, surtout si le dispositif sert à analyser un mélange gazeux respiré par une
15 personne sous anesthésie ou par un nourrisson.

Il en va de même si ce type de dispositif doit servir à la commande d'un signal d'alarme, indiquant par exemple une chute rapide de concentration d'oxygène dans un mélange respiré par un malade.

20 - le dispositif présente une faible sensibilité, du fait que le volume des billes est limité.

- il doit être fréquemment étalonné et taré et présente une certaine fragilité. Cette fragilité ne permet par exemple pas de l'embarquer à bord d'ambulances, où les risques de chocs sont nombreux. De plus, leur montage est délicat et relève de la technologie horlogère. Cette tech-
25 nologie entraîne fragilité, coût de fabrication élevé et réglages peu stables.

- il est mal adapté aux cas où les différences de pression sont très importantes.

30 Il existe par ailleurs des capteurs de type chimique (à réaction, électrochimiques ou à combustion catalytique) de mesure de concentration d'oxygène.

Les capteurs électrochimiques, notamment à électrodes de plomb, présentent l'inconvénient de se dégrader rapidement en présence d'une forte teneur en oxygène, et leur temps de réponse est très long (de l'ordre de 10 à 30 secondes pour un temps d'établissement de la mesure à 90%).

5 Les capteurs à combustion catalytique à haute température (450°C) présentent l'inconvénient de ne pas être linéaires dans le cas de fortes teneurs en oxygène. De plus, certains constituants du mélange à analyser peuvent se décomposer à la température de fonctionnement et polluer le capteur.

10 La présente invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients.

Plus précisément, un des objectifs de la présente invention est de fournir un nouveau type de capteur physique de concentration d'oxygène dans un mélange gazeux qui soit à la fois rapide, précis et stable.

15 Un autre objectif de la présente invention est de fournir un tel capteur qui soit d'un prix de revient très inférieur aux capteurs physiques existants.

Un objectif supplémentaire est de fournir un tel capteur dont la sensibilité est importante et indépendante de la concentration en oxygène.

20 Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints grâce à un capteur de concentration d'oxygène dans un gaz, du type exploitant les propriétés paramagnétiques de l'oxygène par mesure d'une pression provoquée par l'attraction d'oxygène dans un volume de mesure soumis à un champ magnétique constant, ledit capteur comprenant un élément de mesure de pression comportant une cellule piézoélectrique.

25 Avantageusement, ledit élément de mesure est constitué d'une pièce de pression rappelée dans l'entrefer d'un générateur de champ magnétique et coopérant avec ladite cellule piézoélectrique.

De préférence, ladite pièce de pression recouvre en section une partie importante de l'entrefer dudit générateur de champ magnétique.

30 De cette façon, on accroît la sensibilité de l'appareil, en générant sur la pièce de pression une force d'autant plus grande que la surface sur laquelle s'exerce la pression locale est importante.

Préférentiellement ladite cellule piézoélectrique est constituée par un barreau reposant sur deux points d'appui, ladite pièce de pression transmettant les contraintes de pression sur ledit barreau entre lesdits deux points d'appui.

5 Ce type de montage permet un fonctionnement du capteur pour une large gamme de pression.

Avantageusement, ledit barreau est constitué par un bilame formé de deux couches piézoélectriques collées en opposition.

Avantageusement, ledit champ magnétique constant est généré par deux pôles en fer doux ou autre matériau adéquat, formant entrefer.

10 Selon un mode de réalisation avantageux de la présente invention, lesdits pôles magnétiques sont dissymétriques par rapport à la direction des lignes de champ magnétique générées par lesdits pôles.

De préférence, un écran anti-magnétique est disposé entre ladite cellule piézoélectrique et lesdits pôles.

15 Préférentiellement, la mesure de ladite concentration d'oxygène dans ledit gaz est effectuée par mesure de différence de fréquences par rapport à la fréquence de résonance de ladite cellule piézoélectrique, ou par mesure directe de la charge induite aux bornes de ladite cellule piézoélectrique.

20 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de la présente invention, donné à titre explicatif et non limitatif, et des dessins annexés, dans lesquels:

- la figure 1 représente le principe du paramagnétisme de l'oxygène exploité dans la présente invention;
- 25 - la figure 2 représente le principe de la piézoélectricité directe utilisé dans la présente invention;
- la figure 3 représente un bilame sur lequel est exercée une force de pression;
- la figure 4 représente une coupe d'un mode de réalisation
- 30 préférentiel d'un capteur de concentration d'oxygène selon la présente invention.

La figure 1 représente le principe du paramagnétisme de l'oxygène exploité dans la présente invention.

Un champ magnétique est créé par deux pôles d'aimants N et S situés le long d'un axe Z. Les pôles N et S sont distincts et séparés par un mélange gazeux contenant de l'oxygène. L'intensité de l'induction magnétique $|\vec{B}|$ est maximale sur l'axe Oz, entre les pôles.

Comme l'oxygène est paramagnétique, \vec{B} et le vecteur champ magnétique \vec{H} sont colinéaires, et vérifient la relation:

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H} = \mu_0 (1 + X) \cdot \vec{H}$$

où: - μ_0 est la perméabilité magnétique du vide

- μ est la perméabilité magnétique du milieu

- X est la susceptibilité magnétique (positive pour les corps paramagnétiques).

Perpendiculairement à \vec{Oz} , suivant une direction \vec{Ox} , on isole un volume 1 de longueur dl et de surface ds représentant un élément de volume $V = ds \cdot dl$.

Si \vec{M} est le moment magnétique de l'élément de volume 1, la force projetée suivant \vec{Ox} et s'appliquant au volume 1 est égale à:

$$\vec{F} = \vec{M} |\delta B / \delta x| = X \cdot \vec{H} \cdot V \cdot |\delta B / \delta x| = X \cdot \delta(B^2) \cdot V / 2 \cdot \mu_0 \cdot \delta x$$

Une pression P1 à gauche et une pression P2 à droite sont donc appliquées à l'élément de volume 1. On a donc:

$$|\vec{F}| = (P1 - P2) \cdot ds$$

Le travail élémentaire de la force \vec{F} dans le déplacement $d\vec{l}$ est donné par:

$$dw = \vec{F} \cdot d\vec{l} = (P1 - P2) \cdot ds \cdot dl \text{ pour } dx = dl$$

$$(P1 - P2) \cdot ds \cdot dl = X \cdot \delta(B^2) \cdot V \cdot dx / 2 \cdot \mu_0 \cdot \delta x$$

Soit sous certaines conditions:

$$(P1 - P2) = X \cdot d(B^2) / 2 \cdot \mu_0$$

Si l'élément de volume 1 se déplace de 0 à l'infini, on a:

$$P1 = P \text{ et } P2 = 0, \text{ d'où}$$

$$P = X \cdot B^2 / 2 \cdot \mu_0, \text{ avec } X = 2 \cdot 10^{-5}, \mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ et } P = 8 \cdot B^2$$

Si on prend par exemple $B = 6500 \text{ Gauss} = 0,65 \text{ Wb/m}^2$, on obtient $P = 3,4 \text{ Pa}$.

Ainsi, si on prend une induction magnétique de $0,65 \text{ Wb/m}^2$, la cellule étant remplie d'oxygène pur, on obtient une différence de pression locale de $3,4 \text{ Pa}$. Pour que les molécules d'oxygène soient attirées vers la ligne des pôles, il faut que l'induction magnétique ne soit pas uniforme.

La figure 2 représente le principe de la piézoélectricité directe utilisé dans la présente invention.

L'effet piézoélectrique direct est le phénomène par lequel des charges électriques apparaissent sur les faces de certains cristaux lorsqu'ils sont soumis à des pressions ou à des tensions mécaniques, comme représenté sur la figure 2.

Deux paramètres caractérisent le matériau 10 dans la direction d'application d'une force \vec{F} :

- la compliance s , inverse du module d'Young y ,
- la constante de charge d représentant la déformation obtenue à champ électrique donné.

Les indices précisant la direction des excitations et des réponses ne sont pas rapportés, sachant qu'il s'agit de réponses projetées dans la direction des excitations.

En négligeant les effets transverses, on peut écrire que la compression relative ϵ due à la force \vec{F} est égale à:

$$\epsilon = \sigma/y \text{ avec } \sigma = F/\pi.a^2$$

où: - a est le rayon du disque 10

- l est l'épaisseur du disque 10

- σ est la contrainte longitudinale due à \vec{F}

- U est la différence de potentiel entre les deux faces équipotentielles du disque.

Or, d'après la formule de Lipman, on a: $\epsilon = d.U/l$

$$\text{On obtient donc: } \sigma.s = F.s/\pi.a^2 = d.U/l$$

$$\text{c'est à dire: } U = (F.l/\pi.a^2).s/d$$

Pour calculer la charge induite, il faut connaître la capacité statique C_0 de l'échantillon 10.

Si ϵ_0 est la permittivité du vide ($= 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m) et ϵ_r la permittivité relative du matériau, on a:

$$C_0 = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \pi \cdot a^2 / l$$

La charge $Q = C_0 \cdot U$ est égale à:

$$Q = F \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot s / d \quad (1)$$

Sous certaines conditions aux limites, la constante de tension piézo-électrique g dépend de d et de ϵ suivant la relation:

$$g = d / \epsilon_0 \epsilon_r$$

En reportant g dans la relation (1), on obtient donc:

$$Q = F \cdot s / g$$

D'après cette relation, la charge Q observée ne dépend pas de la forme de l'échantillon 10, mais uniquement des paramètres s et g du matériau et de la force excitatrice F .

Le tableau suivant comprend quelques caractéristiques de certains matériaux pouvant être utilisés comme éléments piézoélectriques:

Dénomination du matériau	s $10^{-12}/\text{Pa}$	g 10^{-3}V.m/N	s/g 10^{-9}m/V
PXE 52 RTC	20	19	1,05
Titanate de Bore	7,1	12,6	0,56
P4-68 Quartz et Silice	12	20	0,6

Les valeurs numériques ci-dessus situent la limite de ce montage, la valeur induite étant très faible puisque $Q = F \cdot s / g$. Les calculs ont été réalisés pour des fréquences faibles éloignées de la fréquence de résonance de la céramique.

La pression peut être mesurée directement aux bornes de l'élément

piézoélectrique, mais il est bien entendu également possible de détecter une pression en travaillant à une fréquence proche de la fréquence de résonance de cet élément.

On peut également envisager d'utiliser un empilage de deux lames collées, comme représenté en figure 3.

La figure 3 représente un bilame sur lequel est exercée une force de pression.

L'élément piézoélectrique 21 est constitué de deux lames collées de telle sorte que les polarisations sont inversées. L'élément 21 est maintenu fixe par une de ses extrémités dans un bâti 20. Une force \vec{F} d'excitation appliquée à l'extrémité libre du bilame induit une charge Q sur des électrodes, proportionnelle à la force \vec{F} . Pour un matériau du type $P \times E - 5$, par exemple, la valeur de la charge est donnée par la relation:

$$Q = 4.10^{-10} . l^2 . h^2 \text{ C/N}$$

et celle de la tension de sortie par:

$$U = 2.10^{-2} . l^2 / h . l_t / w \text{ V/N}$$

où:

- l est la longueur libre
- h est l'épaisseur totale du bilame
- l_t est la longueur totale du bilame
- w est la largeur du bilame

La valeur de la capacité est déduite par la relation $Q = C.U$.

L'exemple numérique suivant permettra de mieux comprendre le fonctionnement du montage décrit.

Les caractéristiques du bilame sont les suivantes:

- $l = 30 \text{ mm}$
- $h = 0,6 \text{ mm}$
- $w = 1,6 \text{ mm}$
- $l_t = 35 \text{ mm}$

Pour une force appliquée $F = 0,58.10^{-6} \text{ N}$, on obtient:

- $Q = 0,58 \text{ pC}$
- $U = 310 \mu\text{V}$

Si deux éléments sont utilisés en série, la différence de potentiel est égale à $620 \mu V$.

La figure 4 représente une coupe d'un mode de réalisation préférentiel d'un capteur de concentration d'oxygène selon la présente invention.

5 Ce capteur fait appel au paramagnétisme de l'oxygène et au phénomène de la piézoélectricité précédemment décrit.

Le capteur représenté présente un volume 30 de mesure de la concentration d'oxygène dans un mélange gazeux. Deux pôles d'aimants 31 et 32 fixés sur un circuit magnétique 33 génèrent un champ magnétique constant dans
10 le volume 30 de mesure. Un élément piézoélectrique 34 fixé entre deux supports anti-vibratoires 35 et 36 est placé parallèlement aux lignes de champ du volume 30 de mesure. Un écran anti-magnétique en deux parties 37,38 sépare le circuit magnétique 33 et les aimants 31 et 32 de l'élément piézoélectrique 34. Une pièce d'interface 39 non paramagnétique est fixée sur l'une des faces de l'élément
15 piézoélectrique 34 et centrée sur l'axe de symétrie 40 des aimants 31 et 32. Le capteur représenté est monté sur un support ou bâti 41,42.

La présence d'un flux de gaz contenant de l'oxygène dans le volume de mesure 30 où règne un champ magnétique élevé, provoque, du fait du paramagnétisme de l'oxygène, un déplacement de la pièce d'interface 39 non pa-
20 ramagnétique dans la direction de l'élément piézoélectrique 34. Ce déplacement génère une force de pression sur l'élément piézoélectrique 34 et des charges électriques apparaissent sur cet élément. Comme l'élément 34 est caractérisé par une certaine capacité, il s'ensuit qu'une différence de potentiel correspondant à la pression exercée est mesurable aux bornes de l'élément piézoélectrique 34.

25 En reprenant l'exemple numérique précédent, si pour 100% d'oxygène la différence de potentiel est de 1 volt pleine échelle, le coefficient de transfert du bilame est de:

$$1/(2 \times 0,58) = 0,86 \text{ V/pC.}$$

Il est donc tout à fait possible d'utiliser un bilame tel que décrit,
30 puisqu'il existe des amplificateurs dont la sensibilité est supérieure à 10 V/pC .

L'élément piézoélectrique 34 est préférentiellement constitué par

un bilame fixé à ses deux extrémités, c'est à dire possédant deux points d'appui.

Bien entendu, il est également possible d'utiliser un type d'élément piézoélectrique utilisant une autre configuration de déformation de structure, par exemple au moyen d'un barreau encastré à une seule de ses extrémités (figure 3).

5 Cependant, l'inconvénient de ce mode de réalisation est que la force maximale appliquée est inférieure à celle d'un barreau à deux appuis car la résistance à la flexion est alors inférieure à celle due au cisaillement.

Les pôles d'aimants 31 et 32 sont préférentiellement en fer doux. On peut également envisager de générer le champ magnétique dans le volume de
10 mesure à l'aide d'électro-aimants, ou d'un quelconque dispositif électronique approprié.

Selon un mode de réalisation préférentiel de la présente invention, le champ magnétique généré sera le plus élevé possible.

La pièce d'interface 39 est de préférence non paramagnétique et
15 peut par exemple être diamagnétique. Cette pièce recouvre de préférence une partie importante de la surface de l'élément piézoélectrique, afin de permettre une mesure très précise de la concentration d'oxygène dans le gaz analysé.

L'écran anti-magnétique a pour fonction d'éviter une perturbation de la mesure de pression de la pièce d'interface 39 sur l'élément piézoélectrique
20 34. Il est avantageusement constitué en Permalloy, mais d'autres matériaux assurant un tel blindage conviennent également.

La figure 4 représente des pôles d'aimants 31 et 32 dissymétriques par rapport à la direction des lignes de champ magnétique générées par les pôles 31 et 32, du fait de la dissymétrie du montage représenté. Il est bien entendu
25 possible de réaliser la présente invention à l'aide de deux pôles symétriques, par exemple en forme de cônes, et de deux éléments piézoélectriques situés chacun de part et d'autre des pôles.

Le capteur selon la présente invention est particulièrement destiné à mesurer la teneur en oxygène d'un mélange gazeux circulant dans une conduite.
30 C'est pourquoi le volume de mesure comporte des moyens de raccordement (non représentés) à une telle conduite.

Comme déjà précisé, la tension aux bornes de l'élément piézoélectrique est proportionnelle à la concentration d'oxygène dans le gaz analysé. La rapidité de la réponse à un changement de concentration d'O₂ n'est limitée que par la durée de l'écoulement du gaz dans le volume de mesure et le temps de réponse de l'élément piézoélectrique. Le dispositif selon l'invention présente un temps de réponse de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes pour un temps d'établissement à 90% (pour un débit nominal de 90 ml/mn). Il présente également une sensibilité de 0,1% dans toute la plage de variation possible de concentration d'oxygène (0 à 100%).

Le temps de réponse du bilame peut être estimé en connaissant sa fréquence de résonance. Dans le cas du bilame décrit en référence à la figure 3, sa fréquence de résonance est donnée par:

$$f_r = 400.h/l^2 = 400.0,6.10^3/900 = 266 \text{ Hz.}$$

On arrive ainsi à un temps de réponse de l'ordre de 50 ms.

Il est à noter que le passage du gaz dans le volume de mesure entraîne une diminution du débit due à la perte de charge. Il y a alors variation de pression locale et de ce fait perturbation de la mesure de concentration d'oxygène. Pour pallier cet inconvénient, il faut donc travailler à débit constant. Cependant, comme le montage selon l'invention ne présente pas de pièce en mouvement, la perte de charge peut être considérée comme constante dans une certaine plage, et il est aisé de mettre en oeuvre une correction de la valeur de tension mesurée.

La présente invention présente notamment l'avantage de ne pas nécessiter de pièce en mouvement, comme par exemple le cadre mobile dans l'état de la technique décrit. Cette caractéristique le rend très peu fragile et donc déplaçable très facilement. De plus, le capteur bénéficie d'une durée de vie importante et sa réalisation s'en trouve simplifiée.

La très faible consommation du capteur, de l'ordre de quelques mA, et sa compacité le recommandent tout particulièrement pour des applications présentant un espace restreint.

REVENDICATIONS

1. Capteur de concentration d'oxygène dans un gaz, du type exploitant les propriétés paramagnétiques de l'oxygène par mesure d'une pression provoquée par l'attraction d'oxygène dans un volume (30) de mesure soumis à un champ magnétique constant,
5 caractérisé en ce qu'il comprend un élément de mesure de pression (39) comportant une cellule piézoélectrique (34).

2. Capteur selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit élément de mesure est constitué d'une pièce de pression (39) rappelée dans l'entrefer (31,32) d'un générateur de champ magnétique et coopérant avec ladite cellule piézoélectrique (34).
10

3. Capteur selon la revendication 2 caractérisé en ce que ladite pièce de pression (39) recouvre en section une partie importante de l'entrefer (31,32) dudit générateur de champ magnétique.

4. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que ladite cellule piézoélectrique est constituée par un barreau (34) reposant sur deux points d'appui (35,36), ladite pièce de pression (39) transmettant les contraintes de pression sur ledit barreau (34) entre lesdits deux points d'appui (35,36).
15

5. Capteur selon la revendication 4 caractérisé en ce que ledit barreau (34) est constitué par un bilame formé de deux couches piézoélectriques collées en opposition.
20

6. Capteur selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit champ magnétique constant est généré par deux pôles (31,32) formant entrefer.

7. Capteur selon la revendication 6 caractérisé en ce que lesdits pôles (31,32) sont dissymétriques par rapport à la direction des lignes de champ magnétique générées par lesdits pôles (31,32).
25

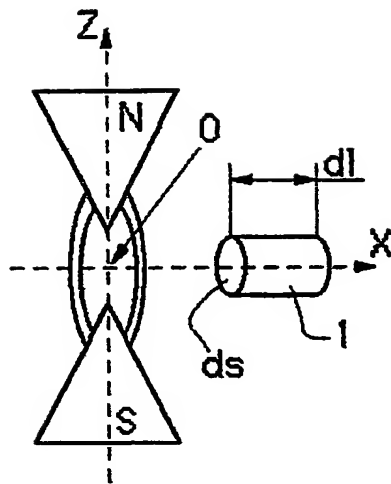
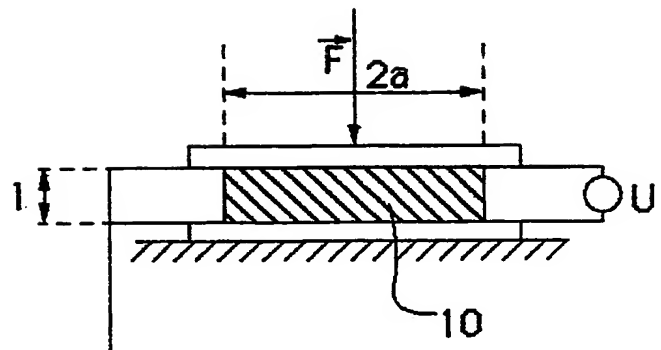
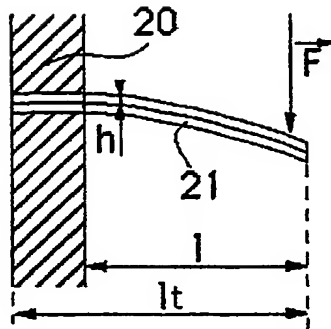
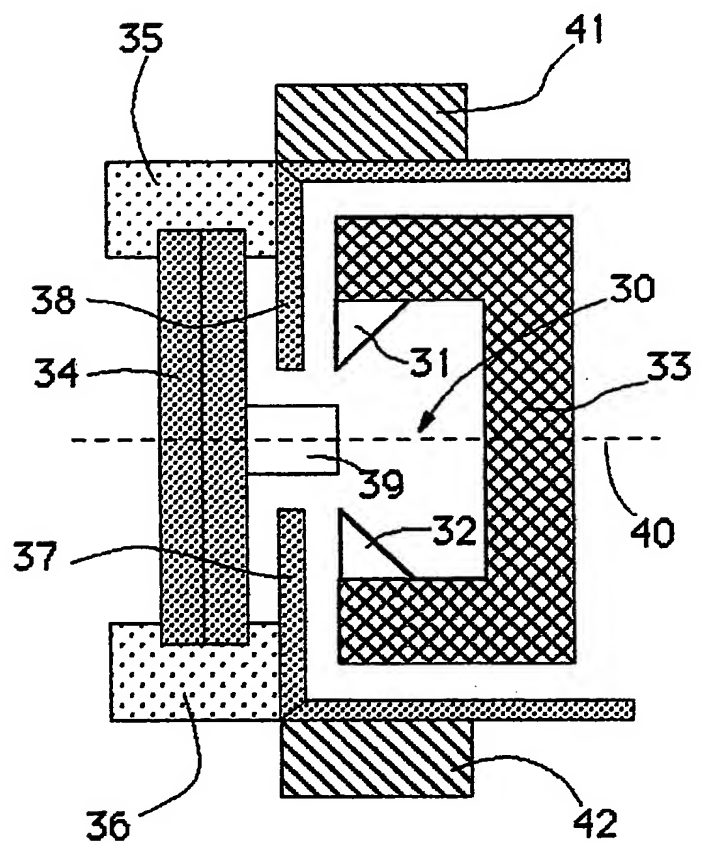
8. Capteur selon l'une quelconque des revendications 6 et 7 caractérisé en ce qu'un écran (37,38) anti-magnétique est disposé entre ladite cellule piézoélectrique (34) et lesdits pôles (31,32).
30

9. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8

caractérisé en ce que la mesure de ladite concentration d'oxygène dans ledit gaz est effectuée par mesure directe de la charge induite aux bornes de ladite cellule piézoélectrique (34).

- 5 10. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que la mesure de ladite concentration d'oxygène dans ledit gaz est effectuée par mesure de différence de fréquences par rapport à la fréquence de résonance de ladite cellule piézoélectrique (34).

1/1

Fig. 1Fig. 2Fig. 3Fig. 4

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9013150
FA 448936

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US-A-3881152 (A. TASAKI) * le document en entier *	1-3, 6, 7, 9, 10
Y	US-A-3349259 (W.P. KISTLER) * colonne 1, lignes 9 - 14 * * colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 66; figures 1-4 *	1-3, 6, 7, 9, 10
A	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Semaine D08, 01 Avr 11 1981, abrégé no. B5932D/08, S02, Derwent Publ. Ltd., Londres, GB. & SU-A-741077 (EREV POLY), 20.06.1980	4, 5
A	GB-A-2013893 (WESTINGHOUSE ELEC. CORP.) * page 1, ligne 107 - page 2, ligne 44; figures 1, 2 *	1, 3-7, 9, 10
A	EP-A-0172461 (HEWLETT-PACKARD CO.) * abrégé * * page 3, ligne 11 - page 4, ligne 31; figures 1-3 *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL5)
		G01N G01L
Date d'achèvement de la recherche 07 JUIN 1991		Examineur MOUTARD P.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		